

연구논문

## 생물다양성 평가기법의 국내외 연구동향 분석 및 환경영향평가 적용가능성에 대한 연구

구미현\* · 이동근\*\*

서울대학교 대학원\*, 서울대학교 조경·지역시스템공학부\*\*

(2011년 11월 15일 접수, 2012년 2월 1일 승인)

## A Study on the National and International Research Trend of Biodiversity Assessment method and Its Application of Environmental Impact Assessment

Koo, Meehyun\* · Lee, Dong-Kun\*\*

Graduate School, Seoul National University\*

Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University\*\*

(Manuscript received 15 November 2011; accepted 1 February 2012)

### Abstract

Biodiversity is a key element of ecosystem of which function provides essential product and service in human life. In the course since development projects often causes damages to biodiversity, environmental impact assessment technique must be capable of accurately assessing potential impact from flora and fauna and to entire ecosystem. Korea needs improvement of its assessment technique that is compatible with Korean environmental regulatory standard that is generally stricter than that of most countries. This study attempts to explore both domestic and overseas biodiversity assessment techniques and analyze each stage of environmental impact assessment. The data is collected from numbers of literatures selected by navigating both domestic and overseas literature database with certain keywords. Among the 44 selected papers, overseas publications outnumber those of domestics, and there are more researches on assessment methodology of biodiversity than assessment tool and model. In terms of environmental impact assessment, the number of papers on environmental impact forecast exceeds the numbers of papers on current state of environment and the impact minimizing solution. Therefore, contents and trends of those researches in the different stages of environmental impact assessment discussed in this paper not only suggest potential impact on biodiversity and minimization solutions in detail, but is also a valuable resource particularly

for biodiversity relevant environmental assessment technique improvement in Korea. Proposing of a new direction of improvement in biodiversity assessment techniques makes this study significant, and further research for preservation of biodiversity should follow up to provide an improvement scheme for biodiversity assessment techniques in the future.

Keywords : biodiversity, environmental assessment technique, environmental impact assessment

## 1. 서론

생물다양성은 우리 삶에 필수적인 생산물과 서비스를 제공하고 있는 생태계의 기능에 대단히 중요하다. 국제사회는 이러한 생물다양성의 중요성을 인식하고 1992년 유엔환경회의(UNCED)에서 생물다양성협약(CBD)을 채택한 이래 2010년을 “세계 생물다양성의 해(International Year of Biodiversity)”로 정하여 생물다양성 보전을 위한 노력을 기울이고 있다. 생물다양성이 생물의 존재에서 인간에게 끼치는 영향에 대한 관심을 가지면서 생태계서비스의 개념이 도입되었다(Costanza *et al.*, 1997, MEA, 2005). 유엔주도로 인류복지에 생태계변화가 미치는 영향을 평가하고, 생태계 보존과 지속가능한 이용을 증진시키는데 필요한 행동의 과학적 근거들을 마련하기 위해 새천년생태계평가가 수행되었다(MEA, 2005). 그 결과 생물다양성은 직·간접적으로 생태계서비스를 제공·유지함으로써 인류 행복과 안전을 지키는 다양한 구성요소에 기여(Diaz *et al.*, 2006)하지만 인간 활동의 결과로 생태계서비스가 크게 훼손되고 있음을 경고하였다(Petteri V. *et al.*, 2010).

한편, 2010년 세계경제포럼에서는 국가별 환경수준을 평가하여 각국의 환경성과지수(EPI)<sup>1)</sup>를 발표하였다. 우리나라는 생태계건전성 분야에서 최하위 수준을 보이는 등 전체 163개국 중 94위를 차지하였다(2010.1.27, 환경부 보도자료). 협소한 국토용량을 고려하지 않은 성장위주의 국토개발정책으로 생물다양성과 생태계분야에서 문제가 있다는 것을 보여주고 있다. 각종 개발로 인한 부정적인 환경영향을 줄이고 국내의 자연자원을 보존하기 위한 제도로써 환경영향평가가 있다.

환경영향평가는 ‘환경적으로 건전하여 지속가능한 발전’을 구현하는 핵심정책으로 생물다양성의 보존은 지속가능한 개발의 중요한 요소이기 때문에 환경영향평가에서 생물다양성이 고려되어야 한다. 또한, 생물다양성협약은 제14조에서 생물다양성에 대한 영향을 고려해야 한다는 요구를 담고 있고 국제환경평가학회(IAIA)에서는 생태계에 부정적 영향을 미치는 사업을 계획하거나 시행할 경우 환경영향평가제도에 생물다양성에 대한 고려사항들을 적용하도록 권고하고 있다(권영한 등, 2006).

현재 환경영향평가는 법정 보호종과 보호지역 등 특정 서식지에 평가의 초점이 맞추어져 실제 중요한 생물다양성의 구조, 구성, 기능의 유지는 간과되기 쉽다(권영한 등, 2006). 다양한 종들을 포함하는 생태계는 한 종류만 존재할 때 보다 생산성이 뛰어나고(B. Cardinale, 2011), 법적 보호종 이외 높은 고유종 풍부도와 다양성을 가지고 심각한 서식지 변경이 수반되는 지역은 생물다양성 중점지역(Biodiversity hotspot)으로 볼 수 있으므로 중요한 보전지역으로 고려(Sean P. Graham *et al.*, 2010)되어야 한다. 그러므로, 생물다양성에 불리한 영향을 미치는 개발 사업을 시행하는 경우 환경영향평가에서 생물종에서부터 생태계에 이르기까지 다양한 측면이 고려되어야 하고 생물종 중심에서 생태계의 구조와 기능이 유지되는 평가의 방향으로 전환(W.Latimer, 2009)이 요구된다. 국제적으로도 아직까지 생물다양성과 관련한 환경영향평가기

1) 환경성과지수(EPI: Environmental Performance Index)  
: 美 예일대 환경법·정책센터 및 콜롬비아대 국제지구과학정보센터가 공동으로 국가별 환경수준을 계량화·평가한 환경분야 종합지표로서 2년마다 세계경제포럼(WEF)을 통해 발표

법 등에 대한 구체적인 논의와 가이드라인 마련이 미흡한 실정(정연만, 2010)에 있으며, 국내 제도에 부합하는 생물다양성 평가를 위한 연구와 대응이 필요하다.

따라서, 본 연구의 목적은 국내외 생물다양성 평가기법과 관련한 문헌조사 및 분석을 통해서 주요한 경향들을 도출하고, 이를 환경영향평가의 자연생태환경분야 평가단계에 적용하여 생물다양성 평가기법의 개선방안을 제시함으로써 보다 구체적이고 발전된 우리나라의 생물다양성 평가기법을 개발하는 것이다.

## II. 연구의 내용 및 방법

생물다양성 평가기법의 최근 연구동향은 유엔 새천년생태계평가가 나온 2005년 이후 국내외의 관련 연구를 살펴보았다. 환경영향평가는 인간의 활동으로 인한 생물다양성의 감소를 줄이기 위한 수단이고

개발사업시 동·식물상 분야에 대한 환경영향평가의 근본적인 목적은 생물다양성의 보전(정홍락 등, 2003)이며 생물다양성이 인간에게 미치는 영향에 대한 생태계서비스 개념이 도입된 2005년 이후 생물다양성 관련 논문들이 급격히 증가(Petteri V. et al., 2010)하고 있어 수집된 자료가 발간된 시기는 2005년부터 2011년 4월까지로 하였다. 자료는 생물다양성, 환경영향평가, biodiversity, environmental impact assessment의 검색키워드를 설정하고, 국내 및 국외 학술검색엔진을 활용하여 국내외에서 발표 및 게재된 학술지를 중심으로 수집하였다.

연구내용은 그림 1과 같이 생물다양성 평가기법과 관련된 선행연구와 환경영향평가 적용가능성 분석이며 환경영향평가에서 생물다양성의 어떤 부분을 평가할 것인지 생물다양성의 변화를 평가하기 위해 어떤 기준을 마련할 것인지 결정할 필요가 있다.

따라서 기존 연구를 보다 체계적으로 파악하기 위하여 수집된 자료의 연구주제와 연구내용 및 결과를 중심으로 3회에 걸친 전문가자문회의

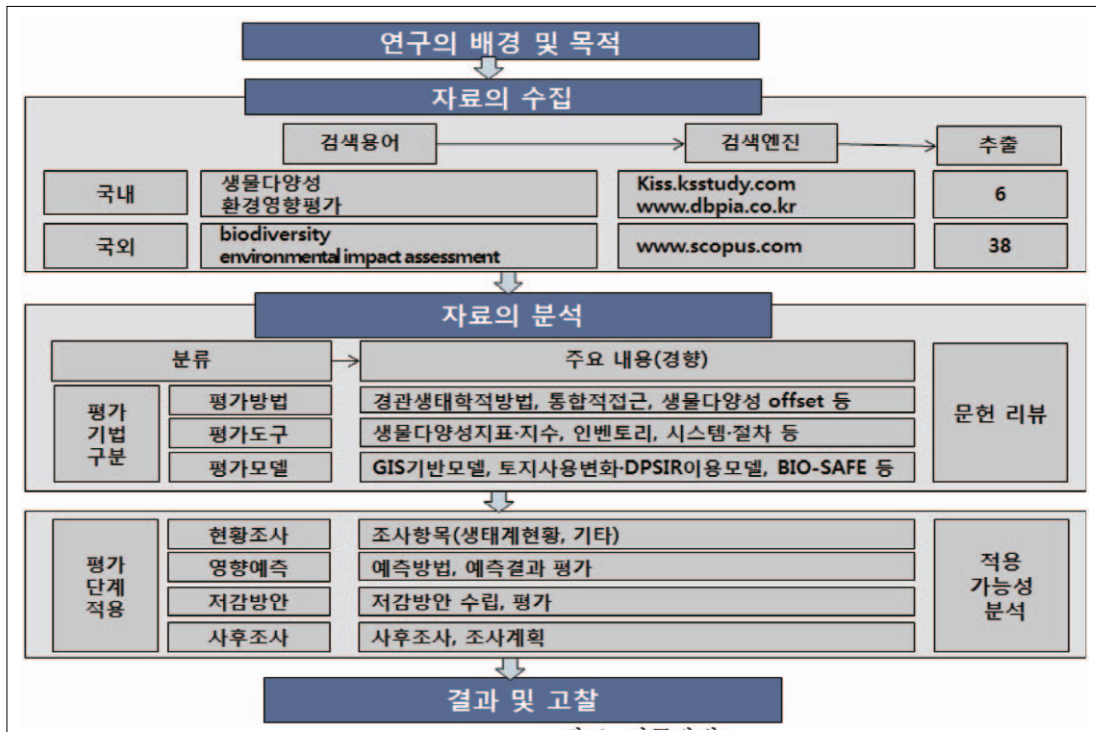


그림 1. 연구방법

(2011.9.17, 9.24, 10.1)를 거쳐 다음의 3가지로 분류하였다. 첫째, 생물다양성 평가방법에 관한 연구로 생물다양성을 평가하기 위한 주요 접근방법에 대한 연구들이다. 둘째, 생물다양성 평가도구에 대한 연구로 생물다양성을 측정하는 지표 또는 지수, 생물다양성을 평가하기 위한 평가절차 또는 시스템 등에 대한 연구들이다. 셋째, 생물다양성의 평가모델에 대한 연구로 개발 사업에 따른 영향을 예측하기 위한 연구들이다. 이들 각각의 동향에 대해 전문가자문결과 정량적, 정성적인 방식으로 결과를 도출하였으며 현행 환경영향평가 단계의 현황조사, 영향예측, 저감방안, 사후환경영향조사 등 각 단계별로 도출된 연구내용의 적용가능성에 대해 고찰하였다.

### III. 연구결과 및 고찰

#### 1. 수집된 자료의 분류

분석을 위하여 수집된 자료는 총 44개로써 국내 논문이 13.6%, 국외논문이 86.4%로 대부분 국외에서 연구가 진행되었음을 보여주었다(표 1). 분류군을 생물다양성 평가방법, 평가도구 및 평가모델로 구분하여 전체적인 빈도를 살펴보면 ‘평가방법

표 1. 생물다양성 평가기법 측면의 자료 분류

구분	국내	국외	계(%)
계	6(13.6)	38(86.4)	44(100)
평가방법	3	18	21(47.7)
평가도구	2	11	13(29.6)
평가모델	1	9	10(22.7)

(47.7%)’에 관한 논문이 거의 절반을 차지하였고, 이어서 ‘평가도구’(29.6%)와 ‘평가모델’(22.7%) 순이었다.

연도별로 수집된 자료를 분류해 보면 2005년부터 점차 증가하는 경향을 보이고 있으며, 특히 생물다양성 평가방법과 평가도구에 관한 논문이 2010년에 증가하고 있다(표 2). 보다 세부적인 생물다양성 평가기법의 연구동향들을 파악하기 위하여 각 분류군별로 결과들을 분석하였다.

#### 2. 생물다양성 평가기법의 연구동향

##### 1) 생물다양성 평가방법 측면의 연구동향

###### (1) 생물다양성 평가방법에 관한 자료의 분류

생물다양성 평가방법에 대한 연구들은 ‘경관생태학적 방법’, ‘지속가능성 평가’, ‘통합적 접근방법’, ‘생물다양성 오프셋’ 및 ‘생태적 영향평가’에 관한 유형들로 분류되었으며, 평가내용 개선을 위한 생태적 영향평가에 대한 논문(38.1%)이 가장 많았고 그 다음은 통합적 접근방법(19%)이었고, 경관생태학적 방법, 지속가능성 평가 및 생물다양성 오프셋에 대한 논문(각 14.3%) 순으로 빈도를 차지하고 있었다(표 3).

표 3. 생물다양성 평가방법에 대한 자료 분류

구분	국내	국외	계(%)
계	3(14.3)	18(85.7)	21(100)
경관생태학적 방법	-	3	3(14.3)
지속가능성 평가	-	3	3(14.3)
통합적 접근방법	-	4	4(19.0)
생물다양성 오프셋	-	3	3(14.3)
생태적 영향평가	3	5	8(38.1)

표 2. 연도별 생물다양성 평가기법 측면의 자료 분류

구분		'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11.4	계
계		2	6	8	6	5	14	2	44
국내	평가방법	-	-	1	1	-	1	-	3
	평가도구	-	-	2	-	-	-	-	2
	평가모델	-	-	-	-	-	1	-	1
국외	평가방법	2	1	2	4	2	6	1	18
	평가도구	-	1	2	1	2	4	1	11
	평가모델	-	4	1	-	2	2	-	9

표 4. 생물다양성 평가방법 연구경향 및 내용

구분	연구	주요내용
경관생태학적 방법	Balfors B. <i>et al.</i> , 2005 Mortberg U.M. <i>et al.</i> , 2007 PenaS.B., 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시개발시 경관생태학적 생물다양성평가 필요성 강조(스웨덴 스톡홀름)</li> <li>• 도시개발사업에서 중의 서식지네트워크 영향예측 평가(스웨덴 스톡홀름)</li> <li>• 자연환경과 문화적 요소를 확대한 경관생태문화분석 방법(포르투갈 리스본)</li> </ul>
지속가능성 평가	Kim K.C. <i>et al.</i> , 2006 HackingT. <i>et al.</i> , 2008 GasparatosA., 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물다양성을 지속가능하게 보전·관리 위해 동식물 분류, 자료 확보 필요</li> <li>• 지속가능한 평가를 위해 framework(triple bottom-line assessment)적용</li> <li>• 지속가능한 평가도구로 영향을 받는 이해관계자의 가치 고려</li> </ul>
통합적 접근방법	Proto T., 2007 Garver G. <i>et al.</i> , 2008 Liu Y. <i>et al.</i> , 2010 Zhou J. <i>et al.</i> , 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최적의 토지이용계획 평가 방법 제안 및 가설의 사례연구</li> <li>• 월경성 환경영향평가(북미지역)</li> <li>• 확률적 시뮬레이션기술과 시나리오 접근방법 통합(중국)</li> <li>• 도시개발계획에서 환경영향의 불확실성에 기초한 통합평가방법</li> </ul>
생물다양성 offset	Norton D.A, 2009 Zgibbons P. <i>et al.</i> , 2009 Middle G. <i>et al.</i> , 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물다양성 offset의 환경체계에 대한 6가지 원칙(뉴질랜드)</li> <li>• 자연식생 제거한 대안으로 서식지보상의 육상생물다양성 영향 평가(호주)</li> <li>• 환경영향평가 과정에서 offset의 적용에 대해 리뷰(서부 호주)</li> </ul>
생태적 영향평가	Mandelik Y. <i>et al.</i> , 2005 Henry P.Y. <i>et al.</i> , 2008 Wilson E.B. <i>et al.</i> , 2008 De Lange H.J. <i>et al.</i> , 2010 Monavari M. <i>et al.</i> , 2011 기동원 등, 2007 오정화 등, 2008 강신규, John, 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생태적 스코핑 이슈, 딜레마(과학, 절차, 경제적 측면)(이스라엘)</li> <li>• 생물다양성 변화를 평가하는 생물다양성 모니터링 방법</li> <li>• 기후변화 적응을 위한 생물다양성 측면에서 공간계획 수립 장애(유럽)</li> <li>• 개체군, 군집, 생태계의 취약성 분석 적용과 방법론</li> <li>• 개발사업 의사결정과정에서 생태적 영향평가의 정보를 제공하는 네트워크 방법</li> <li>• 생태자연도와 토양상태의 질의 상관성 평가, 토양상태 질 산정방법</li> <li>• 도시숲의 경관생태학적 관리를 위한 바이오툼 평가지표 설정 및 유형분류</li> <li>• 생태계서비스평가 개발 연구사업 착수</li> </ul>

(2) 생물다양성 평가방법에 대한 연구동향

생물다양성 평가방법에 관한 연구들은 경관생태학적 접근, 지속가능성 고려, 통합적 접근 등 다양한 방법론들이 시도되고 있었다(표 4).

경관생태학적 방법을 접목한 연구는 도시지역에서 경관과 지역을 고려하여 생물다양성을 분석하거나 그린웨이 조성을 위한 경관분석에 자연환경과 문화적 요소를 추가한 경관생태문화분석이 있었다. 지속가능성을 고려한 연구는 생물다양성이 생태계 서비스를 제공하므로 거주지 부근의 지방 생물다양성에 대한 자료를 확보하거나 지속가능성을 지향하는 평가들의 분석체계를 제시하였고, 지속가능한 평가도구으로써 이해관계자의 가치를 고려하여 왜곡된 지속가능성평가가 감소됨을 보여주었다. 미래 환경영향의 불확실성을 줄이기 위해 지역의 성장을 고려한 환경비용과 사회경제적 혜택간의 균형있는 토지이용계획의 방법을 제시하거나 도시계획에서 확률적 시뮬레이션기술과 시나리오분석을 결합한 방법을 보여주었다. 생물다양성의 피해보상방법으로 생물다양성 오프셋의 원칙을 제시하였으며, 자연식생을 제거하는 개발사업의 대안으로 육상생물

다양성을 평가방법으로 적용한 사례도 있었다. 생태적 영향평가에 관한 연구는 환경영향평가의 질을 결정하는 중요요소로써 생태적 스코핑의 문제와 딜레마를 알아보고 개선방안을 제시하거나 생물다양성의 변화를 평가하는 방법으로 생물다양성 모니터링의 혜택과 방법을 나타내었다.

국내 논문의 경우 생물다양성을 고려한 평가방법에 대한 연구가 거의 없었으며, 생물의 서식기반인 토양상태의 질에 대해 생태자연도와의 상관성을 평가하거나 도시 숲의 관리를 위한 바이오툼의 평가지표와 분류를 제시하였고 생물다양성의 가치를 보여주는 생태계서비스의 평가 사업을 소개하고 있었다.

이를 통해 볼 때 개발 사업으로 인하여 유용한 생물다양성의 손실을 줄이기 위한 접근방법으로 전체 경관과 지역의 성장을 반영하고 이해관계자의 가치를 고려하여 지속가능성을 지향하며 모니터링의 실시를 통해 미래에 불확실한 생물다양성의 변화를 효과적으로 예측하려는 다양한 평가방법들을 모색하고 있었다. 생물다양성의 중요성을 감안하여 우리 실정에 부합하는 방법론도 조속히 개발되어야 할 것이다.

2) 생물다양성 평가도구 측면의 연구동향

(1) 생물다양성 평가도구에 관한 자료의 분류

생물다양성 평가도구에 대한 연구들은 표 5와 같다. '생물다양성 지표 또는 지수', '생물종 인벤토리', '시스템 또는 절차'에 관한 유형들로 분류되었으며, 생물다양성 지수 또는 지표에 대한 논문(50%)이 가장 많았고 그 다음은 인벤토리, 시스템 또는 절차에 대한 논문(각 25%) 순으로 빈도를 차지하고 있었다.

(2) 생물다양성 평가도구에 대한 연구동향

생물다양성 평가도구에 관한 연구들은 생물다양성의 가치를 알기 쉽게 나타내기 위한 시도가 있었다. 생물다양성의 손실을 줄이기 위한 척도로써 자연이 훼손되기 이전시대와 현재 개체군의 밀도를 비교한 생물다양성 온전성지수(Biodiversity Intactness Index, BII), 외래종의 현지 집단생태 영향을 측정할 수 있는 외래영향지수(Index of Alien Impact, IAI)가 있었고, 상품의 환경영향평가에 사용하는 전과정평가(Life Cycle Assessment,

LCA)를 응용하여 생물다양성의 손실을 모형화하고 지표로 사용하는 연구도 있었다. 또한 생물종 인벤토리와 관련하여 지역관리그룹을 조직하고 지역 활동가들이 수행하는 생태계 관리, 장기간 종과 생태계 역학 모니터링을 포함한 다양한 활동자료, 그리고 사회적 그룹들과 연계하여 생태계관리이행 방안을 제시하였다. 유역에서의 기존 어류조사데이터의 자료를 재구성하고 종목록에 대한 적합성을 평가하여 개선된 종 목록을 개발하였고, 생물다양성에 미치는 정책적 영향을 평가하기 위해 종의 민감도 점수를 도구로써 제시하였다. 생물다양성평가를 위한 시스템 또는 절차에 관한 연구에는 환경영향평가에서 특정 프로젝트의 영향을 이해하기 위하여 개발 계획의 완화와 적응을 위해 보다 세부적인 가치평가규모를 고려한 동적가치평가시스템에 대해 제시하였고, 다차선고속도로건설프로젝트 수행을 위해 육상서식지영향을 평가하는 GIS기반 데이터베이스 체계를 영향평가도구로 사용하였다(표 6).

그동안 환경영향평가에서 생물다양성을 기술하기 위해 대체로 종 다양도, 종 풍부도 측정에 의존(권영한 등, 2006)하여 왔으나 생물다양성 평가도구에 대한 연구경향을 살펴보면 생물다양성 지표와 지수를 개발하고, 생물다양성의 변화와 상태를 모니터링할 수 있는 가치평가시스템, GIS기반 데이터베이스 체계 등에 대한 연구가 진행되고 있음을 알 수 있었다.

표 5. 생물다양성 평가도구에 대한 자료 분류

구분	국내	국외	계(%)
계	2(15.4)	11(84.6)	13(100)
생물다양성 지표·지수	2	5	7(53.8)
인벤토리	-	3	3(23.1)
시스템·절차	-	3	3(23.1)

표 6. 생물다양성 평가도구에 관한 연구경향 및 내용

구분	연구	주요내용
생물다양성 지표·지수	Rouget M. <i>et al.</i> , 2006 Eric G. Lamb <i>et al.</i> , 2009 Magee T.K. <i>et al.</i> , 2010 Heink U. <i>et al.</i> , 2010 Curran M. <i>et al.</i> , 2011 김성훈 등, 2007 여준호 등, 2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전근대시기와 비교하여 개체군 크기 추정: 생물다양성 온전성지수(BII)</li> <li>• 생물다양성 변화를 모니터링하는 효과적인 지수 비교</li> <li>• 외래종의 생태영향을 측정하는 외래영향지수(IAI)</li> <li>• 생물다양성지표 선택 기준(과학적 정책적 측면 비교)</li> <li>• LCA와 지표 사용하여 생물다양성 손실을 평가</li> <li>• 환경영향평가를 위한 생물다양성지수 개발 필요</li> <li>• 생물다양성 보전가치 추정</li> </ul>
인벤토리	Schultz L. <i>et al.</i> , 2007 Smith K.L. <i>et al.</i> , 2007 Louette G. <i>et al.</i> , 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생태계 관리와 개발을 위한 사회-생태적 인벤토리 적용(스웨덴)</li> <li>• 유역의 어류관리와 보존 결정을 위해 기존종 목록의 적합성</li> <li>• 생물다양성 정책영향평가에 종의 민감도 점수 사용</li> </ul>
시스템·절차	Erikstad L. <i>et al.</i> , 2008 Thorne J.H. <i>et al.</i> , 2009 Garcia-Montero L.G. <i>et al.</i> , 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다학제간 환경영향평가 정착을 위한 동적가치평가시스템(자연환경, 문화유적, 사회)</li> <li>• 고속도로 건설계획에 GIS기반 DB를 서식지영향평가에 적용(캘리포니아)</li> <li>• SEA 첫 단계인 환경스크리닝 도구 개발</li> </ul>

국내 논문의 경우에는 환경영향평가를 위한 생물 다양성지수의 개발 필요성과 생물다양성의 보전가치를 추정하는 내용이 있으나 구체적인 방법론에 대한 연구는 아직 없는 상황이다. 따라서 생물다양성 손실을 줄이는 정책 효과성의 평가에 지표와 도구가 필요(Curran M. *et al.*, 2011)하므로 우리나라 상황에 적합하고 환경영향평가에 적용할 수 있는 생물다양성 평가도구의 개발이 진행되어야 할 것이다.

### 3) 생물다양성 평가모델 측면의 연구동향

#### (1) 생물다양성 평가모델에 관한 자료의 분류

생물다양성 평가모델에 대한 연구들은 ‘GIS기반 모델’, ‘토지이용변화 기반 모델’, ‘기타 모델’에 관한 유형들로 분류되었으며, 국외 논문에서는 각각의 유형연구들이 같은 빈도를 차지하고 있었고, 국내 논문에는 생물다양성 가치평가연구가 있었다(표 7).

#### (2) 생물다양성 평가모델에 대한 연구동향

생물다양성 평가모델에 관한 연구들은 도시화의 진행과 개발 사업으로 인해 토지이용의 변화와 자연서식지의 파편화와 같이 생물다양성 위협요소의 잠재적인 영향을 예측하기 위한 도구로써 평가모델

을 사용하였다(표 8).

GIS기반모델에 관한 연구는 GIS에 기초하여 서식지 손실과 파편화에 따른 생물다양성의 영향을 예측하였고, 스케일과 관련된 누적영향을 고려한 질적인 예측과 누적효과 평가체계를 제시하였으며, 지역개발시나리오에 서식지의 손실을 정량화하고 예측에 적용한 연구가 있었다. 토지이용변화에 기반을 둔 모델 연구는 지속가능성의 평가체계인 DPSIR<sup>2)</sup>(구동력, 압력, 상태, 영향, 반응)의 틀을 사용하여 생물다양성의 통합분석을 하였으며, 환경상태지표로써 토지이용과 토지피복변화를 측정하여 미래 토지이용변화를 평가분석에 연계하는 방법을 제안하였다. 이외에도 환경과 지리적 변수를 사용하여 지천과 강의 형태분류를 통해 생물의 질적요소 상태를 예측하는 다변수모델이 있었고, 환경니체모델은 미래 기후변화에 따른 생물다양성의 영향을 현재 상태 관찰, 시뮬레이션, 미래 기후변화범위 예측을 평가하여 서로 비교하였다. BIO-SAFE<sup>3)</sup>모델은 법적보호종과 위기종의 복원조치와 토지이용변화의 영향을 평가하는 타당성과 민감성분석을 하였다. 국내연구로는 의사결정나무에 기반한 생물다양성 가치평가를 통해 생물다양성지도를 구축하여 평가지표로 개발될 수 있음을 제시하였다.

표 7. 생물다양성 평가모델에 대한 자료 분류

구분	국내	국외	계(%)
계	1(10)	9(90)	10(100)
GIS기반 모델	-	3	3(30)
토지이용변화기반모델	-	3	3(30)
기타 모델	1	3	4(40)

2) DPSIR(Driving force-Pressure-State-Impact-Response) : EEA(European Environmental Agency)에서 OECD의 PSR(Pressure-State-Response) 구조를 응용하여 환경과 사회, 문화, 경제간의 연관성을 분석하기 위해 개발

3) BIO-SAFE모델 : 정치적·법적 기준에 기초한 생물다양성의 가치를 평가하기 위한 방법

표 8. 생물다양성 평가모델에 대한 연구경향 및 내용

구분	연구	주요내용
GIS기반모델	Gontier M. <i>et al.</i> , 2006, 2007, 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GIS기반 생태적 모델 리뷰: 현재상황과 모델간 갭 존재(유럽)</li> <li>• GIS기반서식지모델 적용 사례: 스케일 이슈(스웨덴 스톡홀름)</li> <li>• 4개의 GIS기반 서식지모델을 비교, 적용하기 위한 관련성 평가</li> </ul>
토지이용변화기반 모델	Maxim L. <i>et al.</i> , 2009 Potschin M., 2009 Benini L. <i>et al.</i> , 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DPSIR체계의 정의와 사용 리뷰</li> <li>• 토지이용과 자연환경상태간 관계분석, DPSIR분석체계의 제한과 강점</li> <li>• DPSIR 지표 기반 접근방법으로 토지이용변화 평가(이탈리아 북부)</li> </ul>
기타 모델	Sandin L. <i>et al.</i> , 2006 Pearson R.G. <i>et al.</i> , 2006 De Nooij R.J.W. <i>et al.</i> , 2006 정다정 등, 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다변수 RIPAC-type모델 적용하여 지천유형분류(유럽)</li> <li>• 환경니체(bioclimat envelope) 모델 적용하여 기후변화영향 평가</li> <li>• 보호종·위기종의 복원과 BIO-SAFE의 타당성과 민감성 분석</li> <li>• 의사결정나무에 기반한 생물다양성 가치 평가, 지도 구축</li> </ul>



생물다양성 평가모델에 관한 연구경향은 생물다양성의 변화를 평가하는 수단으로 모델을 이용하여 미래 기후변화에 따른 생물다양성의 영향을 평가하였다. 모델링으로써 개발에 따른 영향을 모니터링하고 공간적인 분석을 통해 정확한 영향예측 기법을 개발하기 위한 방향으로 진행하고 있었다. 국내에는 관련 연구의 부족으로 어떤 경향을 찾기 어려웠으며, 개발로 인한 생물다양성 요소의 잠재적인 영향을 개선하기 위한 방안으로 생물다양성의 예측과 평가(Gontier M. *et al.*, 2010)는 중요하므로 향후 효율적인 영향예측을 하기 위해 관련 연구가 지속되어야 할 것이다.

### 3. 생물다양성 평가기법의 환경영향평가 단계에 적용 가능성

국내외 생물다양성 평가기법의 연구동향을 분석한 내용들이 현행 생물다양성 평가기법의 개선으로 연계가 가능한지 관련 규정에 적용하여 살펴보았다.

「환경영향평가서 작성 등에 관한 규정(환경부고시 제2009-269(2009.12.4.)호」 ‘별표 2. 평가서 기재 요령’의 자연생태환경분야 평가항목에는 별표 9와 같이 작성하도록 하고 있다.

환경영향평가서의 동·식물상 현황 조사항목에

서 생물종 및 식생현황의 기술과 보호종의 존재 유무에 평가가 집중되어 있고 생물다양성과 관련된 서식지 현황이나 생태계에 대한 현황조사, 영향예측 그리고 대책에 대한 이슈들은 구체적이지 못하다(권영한 등, 2006). 이러한 현 제도의 개선방안을 모색하기 위하여 앞에서 도출한 생물다양성 평가방법, 평가도구 및 평가모델의 연구내용들을 환경영향평가단계인 현황조사, 영향예측, 저감방안 및 사후환경영향조사 단계별로 구분 적용하여 분석하였다(표 10).

미래 불확실한 영향예측 연구(47.7%)가 현황조사(38.6%)나 저감방안(13.6%)에 대한 연구보다 많았으며, 사후환경영향조사 연구(15.9%)는 현황조사나 영향예측단계에 중복하여 적용할 수 있었다.

환경영향평가 각 단계별로 적용가능한 연구경향을 살펴보면 표 11과 같다. 현황단계에서는 생물상 조사시 자연환경사업 관련 각종 조사를 통해 확보된 기존 자료들을 지역별로 데이터베이스화한 기존 자료를 활용하고, 생태계현황조사에 서식지 질의 평가를 위한 토양생태 질의 평가, 기후변화에 따른 적응을 고려하고, 그 외 인간이 생태계로부터 받는 혜택인 생태계서비스의 향상, 지속가능한 보전관리

표 9. 자연생태환경분야의 환경영향평가서 규정

항 목	기재사항	작성방법
4. 자연생태환경분야 가. 동·식물상	(1)현황 (가)조사항목, (나)조사범위, (다)조사방법, (라)조사결과 (2)영향예측 (가)항목, (나)범위, (다)방법, (라)예측결과 (3)저감방안 (4)사후환경영향조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식물상, 육상동물상 육수생물상</li> <li>• 생태자연도/생태계현황</li> <li>• 기타 생물다양성의 확보/필요한 항목</li> </ul> <p>○저감방안 수립 ○미치는 영향평가</p>
나. 자연환경자산	(1)현황조사, (2)영향예측, (3)저감방안 (4)사후환경영향조사	

출처: 환경영향평가서 작성 등에 관한 규정 재구성

표 10. 생물다양성 평가기법의 환경영향평가단계에 적용가능한 자료 분류

구 분	현황조사	영향예측	저감방안	사후환경영향조사*	계(%)
계	17(38.6)	21(47.7)	6(13.6)	(7)(15.9)	44(100)
평가방법	8	8	5	(1)	21(47.7)
평가도구	9	3	1	(6)	13(29.6)
평가모델	-	10	-	-	10(22.7)

\* 사후환경영향조사 관련 연구 내용은 현황조사나 영향예측단계에 중복 적용하여 ( )로 표시



표 11. 환경영향평가단계에서의 연구경향 분석 결과

대분류	중분류	연구 경향 및 적용		기대효과	
현황 조사	생물상	1개	평가도구	• 각종 조사를 통해 획득한 기존 생물종 목록의 DB화	• 기존자료를 추가하여 풍부한 자료를 바탕으로 지역생태계현황(누적현황) 파악
	생태계 현황	3개	평가방법	• 기후변화 적응을 고려한 공간계획 수립, 서식지질 평가를 위한 토양생태질 평가	• 기후변화에 따른 자연생태환경분야 평가 시도, 단순 생물종조사에서 서식기반평가로 확대
		2개	평가도구	• 생물다양성온전성지수, GIS기반 DB를 활용한 서식지 영향평가	• 생물다양성지수를 사용하여 생태계현황에 대한 객관적 정량적 판단근거 제공
	기타 항목	5개	평가방법	• 경관생태학적 접근, 지속가능한 보전관리 접근, 생태계서비스 사업 착수	• 생물다양성 관련 서식지 현황, 생태계현황 분석에 적용, 생태계서비스 증진에 기여
		6개	평가도구	• 생물다양성 측정 지표와 지수 개발 사용 • SEA 환경스크리닝 도구개발 등	• 일반인도 생태계 현황을 쉽게 인지
영향 예측	방법	3개	평가방법	• 시뮬레이션과 시나리오접근방법통합, 도시 개발계획 통합평가, 생태적 취약성분석	• 사업시행에 따른 생물상의 변화에 대해 현재의 단순, 피상적 접근방식 개선, 보완
		10개	평가모델	• GIS기반 생태적모델, 서식지모델, 토지 사용변화모델 등 개발, 이용	• 개발로 인한 생물다양성과 생태계에 미치는 영향예측 수준 향상
	평가	5개	평가방법	• 서식지네트워크영향예측평가, 지속가능성 평가, 생태적스코핑, 모니터링 이용	• 생태계에 미치는 영향의 특성/정도 파악, 사후회복 가능 저감방안 적절성 판단
		3개	평가도구	• 생물다양성 보전가치 추정, 생물다양성 정책영향평가에 종의 민감도점수사용	• 영향예측기법과 저감방안 개선
저감 방안	수립	2개	평가방법	• 생물다양성 오프셋의 환경체계 원칙 • 생태적 영향평가(네트워크방법)	• 생물다양성/생태계 손실의 상쇄기준(보존, 대체, 보상 등), 생태계 총량관리방안 제시
	평가	3개	평가방법	• 토지이용계획 평가, 생물다양성 서식지 보상 등 저감방안의 평가방법 개발	• 수립된 저감방안의 피드백, 저감방법 개선 (평가서에 흔히 누락된 부분)
		1개	평가도구	• 사회-생태적 인벤토리 적용	
사후 조사	(사후조사+현황조사)	(6개)	평가도구	• 생물다양성 지표 · 지수 이용	• 현황조사→영향예측→저감방안→사후조사 등 진행단계별 적절성에 대한 판단기준 제시
	(사후조사+영향예측)	(1개)	평가방법	• 생물다양성 모니터링 방법 이용	

접근, 생물다양성의 현황을 측정할 수 있는 지표와 지수를 개발하는 것이다. 이러한 연구경향의 적용을 통해 생태계의 누적영향 파악, 기후변화에 따른 자연생태환경분야 평가 시도, 및 서식기반에 대한 평가로 확대가 가능하며 생물다양성지수를 사용한 정량적인 판단근거를 제공할 수 있을 것이다.

영향예측단계에서는 잠재적 영향 예측을 위한 시뮬레이션과 시나리오 접근방법, 생태적 취약성 분석방법이 있으며, GIS 기반모델과 토지사용변화모델 등 예측도구의 개발과 이용이 있고, 개발사업이 생태계에 미치는 영향의 특성과 정도를 파악하기 위해 서식지네트워크영향예측평가, 지속가능성 평가, 생물다양성 보전가치를 추정하는 방법을 적용할 수 있다. 이를 통해 현재의 단순하고 피상적인 접근 방식을 개선하여 사업시행에 따른 생물상의 변화에

측수준의 향상과 기법 개선에 도움이 될 것이다.

저감방안 단계에서는 환경변화에 따른 손실을 보상하는 생물다양성오프셋의 원칙을 고려하고 의사결정에 네트워크방법을 이용할 수 있으며 토지이용 계획평가, 생물다양성 서식지보상 등 저감방안에 대한 평가방법을 개발하는 것이다. 이를 통해 개발사업으로 인한 생물다양성과 생태계 손실에 대한 상쇄기준과 생태계총량관리방안을 마련하고 수립된 저감방안을 검증함으로써 저감방법의 개선에 기여할 것이다.

사후환경영향조사 단계에서는 생물다양성 지표 또는 지수를 이용하거나 생물다양성 모니터링 방법을 이용할 수 있으며 현황조사, 영향예측, 저감, 사후조사 등 평가단계별로 적절성에 대한 판단기준의 제공에 도움이 될 것으로 예상된다.

#### IV. 결론

본 연구는 생물다양성 평가기법과 관련된 국내외 연구들을 수집하여 분석하고 고찰함으로써 생물다양성 평가방법, 평가도구, 평가모델에 대한 주요 연구경향들을 도출하고 이를 환경영향평가 단계에 적용하여 생물다양성 평가기법의 개선방향을 제시하였다. 본 연구에서 각 단계별로 제시한 내용들은 현행 환경영향평가 규정에 필요항목만 기술되어 있고 구체적인 방법론에 대해서는 전문가의 재량에 맡겨두고 있는 문제를 상당히 보완하여 평가의 질적 수준을 높일 것으로 판단된다. 즉, 자연생태계에 대한 면밀한 조사를 토대로 생물다양성과 생태계에 미치는 영향을 예측하고 구체적인 저감방안과 이에 따른 협의의견을 제시하는 한편, 사후관리차원에서 협의의견의 철저한 이행과 조사가 이루어지도록 각 단계별로 국내 실정에 부합하고 생물다양성의 증진과 생태계서비스 향상을 고려한 환경영향평가기법 개선에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

생물다양성 평가기법과 관련된 국내 연구는 발표된 자료가 상당히 부족하여 연구경향에 대한 분석을 하기 어려웠으며 국외 연구들도 연구내용들이 다양하고 연구의 범위가 넓어 심도있게 분석의 결과를 제시하지 못한 것이 한계로 지적될 수 있다. 그럼에도 생물다양성이 가지는 가치에 대한 인식과 인간복지를 위한 생태계서비스의 중요성이 더해 가고 국제적으로도 생물다양성을 증진하기 위한 다각도의 노력이 진행되고 있는 현 시점에서 개발 사업으로 인한 생물다양성의 손실을 줄이기 위해 생물다양성 평가기법들을 고찰하고 평가기법의 발전방향을 제시한 것이 본 연구의 의의라고 할 수 있다. 향후 본 연구에서 제시한 환경영향평가 각 단계별 개선방향에 대해 후속연구가 활발히 진행되고 이를 적용하여 생물다양성 평가를 효율적으로 시행하는 환경영향평가제도로 개선되어야 할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 환경부의 기후변화 대응 및 생물다양성 확보를 위한 도시생태계 적응·관리 모델 개발 사업의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- 강신규, John Tenhunen, 2010, 산지복잡지형과 생태적 비균질성: 산지경관의 생산성과 수자원/수질에 관한 생태계서비스 평가, 한국농림기상학회지, 12(4), 307-316.
- 권영한, 노태호, 이현우, 정홍락, 2006, 환경평가에 있어 생물다양성 항목의 도입방안, 한국환경정책평가연구원 연구보고서, RE-18.
- 기동원, 박준홍, 이재진, 노백호, 2007, 현장 측정된 토양미생물 종다양성과 생태자연도 등급자료간의 통계적 상관관계 평가와 토양생태의 질 산정방안 제안, 대한토목학회, 27(제6B), 703-710.
- 김성훈, 김정환, 허준, 2007, 환경영향평가를 위한 생물다양성 분석의 표준화 연구, 대한토목학회 정기학술대회지, 3802-3805.
- 오정학, 조재형, 조현제, 최명섭, 권진호, 2008, 경관생태학적 도시숲 관리를 위한 비오톱 평가지표 및 유형분류에 관한 연구, 한국지리정보학회지, 11(4), 101-111.
- 여준호, 방상원, 2007, 울진 금강소나무 군락지역 보전에 대한 전문가집단의 지불의사분석, 한국산림휴양학회지, 11(2), 11-23.
- 정다정, 강경호, 허준, 김장채, 김성호, 이정빈, 2010, 국가 생태정보를 활용한 생물다양성 지도 구축, 한국환경영향평가학회지, 19(6), 573-581.
- 정연만, 2010, 생물다양성과 영향평가, 한국환경영향평가학회 2010 춘계학술대회 발표집, 3-11.
- 정홍락, 이현우, 유현석, 권영한, 노태호, 박소현, 2003, 경관생태학적 환경영향 평가기법에

- 관한 연구, 한국환경정책평가연구원 연구보고서, RE-23.
- 환경부, 2010.1.27, 환경성과지수(EPI) 발표 한국 94위, 보도자료.
- Balfors, B., Mortberg, U., Gontier, M., and Brokking, P., 2005, Impacts of region-wide urban development on biodiversity in strategic environmental assessment, *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 9(4), 229-246.
- Benini, L., Bandini, V., Marazza, D., and Contin, A., 2010, Assessment of land use changes through an indicator-based approach: A case study from the Lamone river basin in Northern Italy, *Ecological Indicators*, 10(1), 4-14.
- Cardinale, B. J., Matulich, K. L., Hooper, D. U., Byrnes, J. E., Duffy, E., Gamfeldt, L., Balvanera, P., O'Connor, M., and Gonzalez, A., 2011, The functional role of producer diversity in ecosystems, *American Journal of Botany*, 98(3), 572-592.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., and van den Belt, M., 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, 253-260.
- Curran, M., de Baan, L., de Schryver, A. M., van Zelm, R., Hellweg, S., Koellner, T., Sonnemann, G., and Huijbregts, M. A. J., 2011, Toward meaningful end points of biodiversity in life cycle assessment, *Environmental Science and Technology*, 45(1), 70-79.
- De Lange, H. J., Sala, S., Vighi, M., and Faber, J. H., 2010, Ecological vulnerability in risk assessment- A review and perspectives, *Science of the Total Environment*, 408(18), 3871-3879.
- De Nooij, R. J. W., Lotterman, K. M., van de Sande, P. H. J., Pelsma, T., Leuven, R. S. E. W., and Lenders, H. J. R., 2006, Validity and sensitivity of a model for assessment of impacts of river floodplain reconstruction on protected and endangered species, *Environmental Impact Assessment Review*, 26(8), 677-695.
- Diaz, S., Fargione, J., Chapin III F. S., and Tilman, D., 2006, Biodiversity loss threatens human well-being, *Plos Biology*, 4(8), 1300-1305.
- Erikstad, L., Lindblom, I., Jerpasen, G., Hanssen, M. A., Bekkby, T., Stabbetorp, O., and Bakkestuen, V., 2008, Environmental value assessment in a multidisciplinary EIA setting, *Environmental Impact Assessment Review*, 28(2-3), 131-143.
- Garcia-Montero, L. G., Lopez, E., Monzon, A., and Otero, P. I., 2010, Environmental screening tools for assessment of infrastructure plans based on biodiversity preservation and global warming (PEIT, Spain), *Environmental Impact Assessment Review*, 30(3), 158-168.
- Garver, G., and Podhora, A., 2008, Transboundary environmental impact assessment as part of the North American Agreement on Environmental Cooperation, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 26(4), 253-263.
- Gasparatos, A., 2010, Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications, *Journal of Environmental*

- Management, 91(8), 1613-1622.
- Gibbons, P., Briggs, S. V., Ayers, D., Seddon, J., Doyle, S., Cosier, P., McElhinny, C., Pelly, V., and Roberts, K., 2009, An operational method to assess impacts of land clearing on terrestrial biodiversity, *Ecological Indicators*, 9(1), 26-40.
- Gontier, M., Balfors, B., and Mortberg, U., 2006, Biodiversity in environmental assessment-current practice and tools for prediction, *Environmental Impact Assessment Review*, 26(3), 268-286.
- Gontier, M., 2007, Scale issues in the assessment of ecological impacts using a GIS-based habitat model-A case study for the Stockholm region, *Environmental Impact Assessment Review*, 27(5), 440-459.
- Gontier, M., Mortberg, U., and Balfors, B., 2010, Comparing GIS-based habitat models for applications in EIA and SEA, *Environmental Impact Assessment Review*, 30(1), 8-18.
- Graham, S. P., Steen, D. A., Nelson, K. T., Durso, A. M., and Maerz, J. C., 2010, An overlooked hotspot? Rapid biodiversity assessment reveals a region of exceptional herpetofaunal richness in the southeastern United States, *Southeastern Naturalist*, 9(1), 19-34.
- Hacking, T., and Guthrie, P., 2008, A framework for clarifying the meaning of Triple Bottom-Line, Integrated, and Sustainability Assessment, *Environmental Impact Assessment Review*, 28(2-3), 73-89.
- Heink, U., and Kowarik, I., 2010, What criteria should be used to select biodiversity indicators?, *Biodiversity and Conservation*, 19(13), 3769-3797.
- Henry, P. Y., Lengyel, S., Nowicki, P., Julliard, R., Clobert, J., Celik, T., Gruber, B., Schmeller, D. S., Babij, V., and Henle K., 2008, Integrating ongoing biodiversity monitoring: Potential benefits and methods, *Biodiversity and Conservation*, 17(14), 3357-3382.
- Kim, K. C., and Byrne, L. B., 2006, Biodiversity loss and the taxonomic bottleneck: Emerging biodiversity science, *Ecological Research*, 21(6), 794-810.
- Lamd, E. G., Bayne, E., Holloway, G., Schieck, J., Boutin, S., Herbers, J., and Haughland, D. L., 2009, Indices for monitoring biodiversity change: Are some more effective than others?, *Ecological indicators*, 9, 432-444.
- Liu, Y., Chen, J., He, W., Tong, Q., and Li, W., 2010, Application of an uncertainty analysis approach to strategic environmental assessment for urban planning, *Environmental Science and Technology*, 44(8), 3136-3141.
- Louette, G., Maes, D., Alkemade, J. R. M., Boitani, L., de Knecht, B., Eggers, J., Faluccci, A., Framstad, E., Hagemeyer, W., Hennekens, S. M., Maiorano, L., Nagy, S., Serradilla, A. N., Ozinga, W. A., Schaminee, J. H. J., Tsiaousi, V., van Tol, S., and Delbaere, B., 2010, BioScore-Cost-effective assessment of policy impact on biodiversity using species sensitivity scores, *Journal for Nature Conservation*, 18(2), 142-148.
- Magee, T. K., Ringold, P. L., Bollman, M. A., and Ernst, T. L., 2010, Index of alien

- impact: A method for evaluating potential ecological impact of alien plant species, *Environmental Management*, 45(4), 759-778.
- Mandelik, Y., Dayan, T., and Feitelson, E., 2005, Issues and dilemmas in ecological scoping: Scientific, procedural and economic perspectives, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 23(1), 55-63.
- Maxim, L., Spangenberg, J. H., and O'Connor, M., 2009, An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework, *Ecological Economics*, 69(1), 12-23.
- McCluskey, D., and Joao, E., 2011, The promotion of environmental enhancement in Strategic Environmental Assessment, *Environmental Impact Assessment Review*, 31(3), 344-351.
- MEA, 2005, *Ecosystems and Human Well-being: Multiscale Assessment*, Millennium Ecosystem Assessment Series, 4, Washington, DC (Island Press), Google Books.
- Middle, G., and Middle, I., 2010, A review of the use of environmental offset as a policy mechanism in the environmental impact assessment process (EIA) in Western Australia, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 28(4), 313-322.
- Monavari, M., and Fard, S. M. B., 2011, Application of network method as a tool for integrating biodiversity values in Environmental Impact Assessment, *Environmental Monitoring and Assessment*, 172(1-4), 145-156.
- Mortberg, U. M., Balfors, B., and Knol, W. C., 2007, Landscape ecological assessment: A tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning, *Journal of Environmental Management*, 82(4), 457-470.
- Norton, D. A., 2009, Biodiversity offsets: Two New Zealand case studies and an assessment framework, *Environmental Management*, 43(4), 698-706.
- Pearson, R. G., Thuiller, W., Araujo, M. B., Martinez-Meyer, E., Brotons, L., McClean, C., Miles, L., Segurado, P., Dawson, T. P., and Lees, D. C., 2006, Model-based uncertainty in species range prediction, *Journal of Biogeography*, 33(10), 1704-1711.
- Pena, S. B., Abreu, M. M., Teles, R., and Espirito-Santo, M. D., 2010, A methodology for creating greenways through multidisciplinary sustainable landscape planning, *Journal of Environmental Management*, 91(4), 970-983.
- Potschin, M., 2009, Land use and the state of the natural environment, *Land Use Policy*, 26(suppl 1), S170-S177.
- Prato, T., 2007, Evaluating land use plans under uncertainty, *Land Use Policy*, 24(1), 165-174.
- Rouget, M., Cowling, R. M., Vlok, J., Thompson, M., and Balmford, A., 2006, Getting the biodiversity intactness index right: The importance of habitat degradation data, *Global Change Biology*, 12(11), 2032-2036.
- Sandin, L., and Verdonschot, P. F. M., 2006, Stream and river typologies-Major results and conclusions from the STAR project, *Hydrobiologia*, 566(1), 33-37.
- Schultz, L., Folke, C., and Olsson, P., 2007, Enhancing ecosystem management

- through social-ecological inventories: Lessons from Kristianstads Vattenrike, Sweden, *Environmental Conservation*, 34(2), 140-152.
- Smith, K. L., and Jones, M. L., 2007, When are historical data sufficient for making watershed- level stream fish management and conservation decisions?, *Environmental Monitoring and Assessment*, 135(1-3), 291-311.
- Thorne, J. H., Girvetz, E. H., and McCoy, M. C., 2009, Evaluating aggregate terrestrial impacts of road construction projects for advanced regional mitigation, *Environmental Management*, 43(5), 936-948.
- Vihervaara, P., Ronka, M., and Walls, M., 2010, Trends in Ecosystem Service Research: Early Steps and Current Drivers, *AMBIO*, 39, 314-324.
- Wilson, E. B., and Piper, J., 2008, Spatial planning for biodiversity in Europe's changing climate, *European Environment*, 18(3), 135-151.
- Zhou, J., Liu, Y., and Chen, J., 2010, Accounting for uncertainty in evaluating water quality impacts of urban development plan, *Environmental Impact Assessment Review*, 30(4), 219-228.

최종원고채택 12. 02. 08